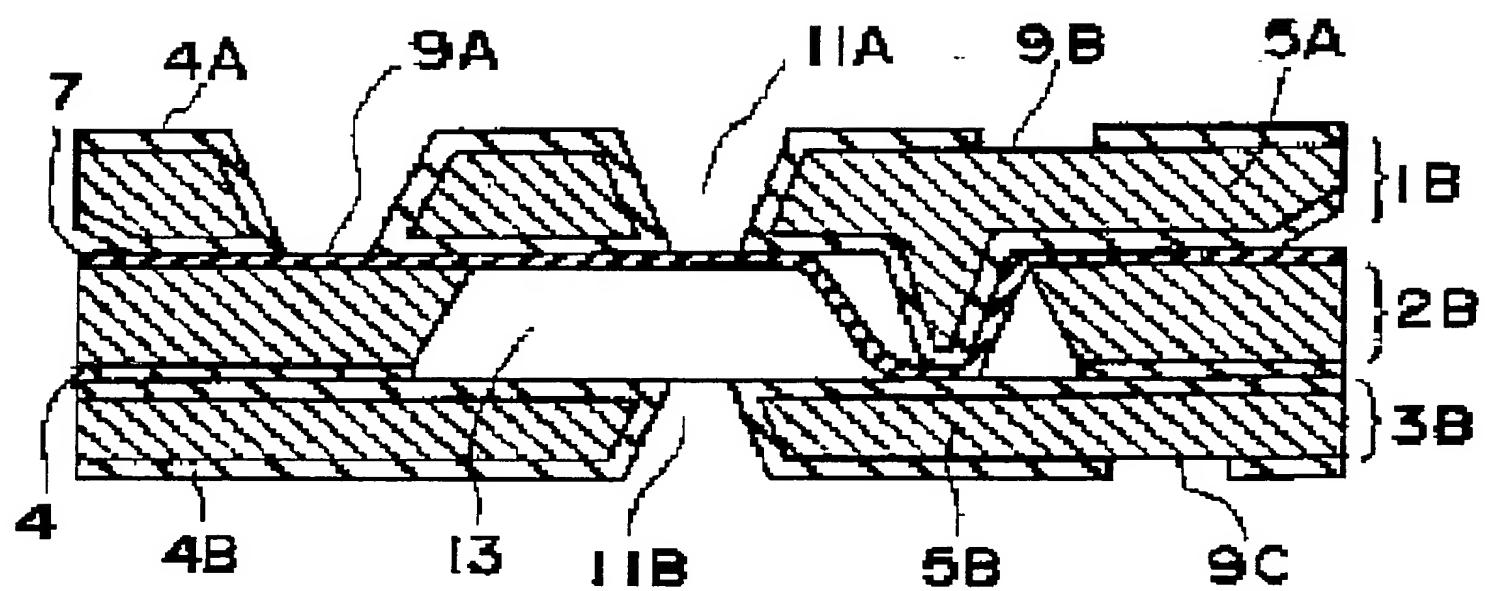


© PAJ / JPO

PN - JP7286258 A 19951031  
TI - ELECTROSTATIC DRIVING TYPE MICROACTUATOR AND PRODUCTION OF VALVE AS WELL AS  
ELECTROSTATIC DRIVING TYPE PUMP  
AB - PURPOSE: To provide a valve constituted to substantially prevent cutting of the curved part of a film constituting the valve disk.  
- CONSTITUTION: A prototype of an S-shaped film 7 constituting the valve disk is formed by utilizing the mold of a wafer 2B formed by etching and thereafter, the driving section of the film 7 is produced by selectively etching wafers 1B, 2B and 3B. These silicon wafers 1B, 1B and 3B are laminated in three layers and fluid apertures 1 are formed. As a result, the cutting of the curved part of the film constituting the valve disk is substantially prevented.  
I - C23C14/00 ; F16K31/02 ; H01L21/205  
PA - HITACHI LTD  
IN - SHIKIDA MITSUHIRO; others: 01  
ABD - 19960229  
ABV - 199602  
AP - JP19940080307 19940419



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-286258

(43)公開日 平成7年(1995)10月31日

(51)Int.Cl.\*

C 23 C 14/00

F 16 K 31/02

H 01 L 21/205

識別記号 庁内整理番号

Z 8414-4K

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平6-80307

(22)出願日

平成6年(1994)4月19日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 式田 光宏

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 佐藤 一雄

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 鶴沼 辰之

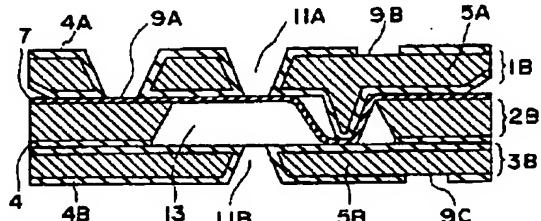
(54)【発明の名称】 静電駆動型マイクロアクチュエータとバルブの製作方法、及び静電駆動型ポンプ

(57)【要約】

【目的】 弁体をなすフィルムの屈曲部が切断されにくいものとする。

【構成】 エッティングにより作成したシリコンウエハ2Bの型を利用して弁体をなすS字形状フィルム7の原型を形成し、その後シリコンウエハ1B、2B及び3Bを選択的にエッティングしてフィルム7の駆動部を製作し、前記シリコンウエハ1B、2B及び3Bを3層に積層し、流体開口部11A及び11Bを形成する。

【効果】 弁体をなすフィルムの屈曲部が切断されにくくなる。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 中空部が形成され一方の面に前記中空部内で屈曲可能な屈曲部を有す金属膜が設けられた第2の基板と、それぞれ絶縁層で挟まれて電極をなす第1、第3の基板とを製作し、次いで、前記第2の基板を挟んで前記金属膜が設けられた面に前記第1基板を、前記面の裏面に第3の基板を積層する手順を含んでなる静電駆動型マイクロアクチュエータの製作方法において、前記第2の基板に前記金属膜を成膜する際に、前記第2の基板の一方の面に溝部をエッチングにより形成し、該溝部を含む前記面上に前記金属膜を成膜した後、前記中空部を前記溝部が設けられている面の裏面の方向からエッチングにより形成することを特徴とする静電駆動型マイクロアクチュエータの製作方法。

【請求項2】 前記金属膜の屈曲部の折り返しを少なくとも一個所形成することを特徴とする請求項1に記載の静電駆動型マイクロバルブの製作方法。

【請求項3】 中空部が形成され一方の面に前記中空部内で屈曲可能な屈曲部を有す金属膜が設けられた第2の基板と、それぞれ絶縁層で挟まれて電極をなす第1、第3の基板とを製作し、次いで、前記第2の基板を挟んで前記金属膜が設けられた面に前記第1基板を、前記面の裏面に第3の基板を積層する手順を含んでなる静電駆動型マイクロバルブの製作方法において、前記第1及び第3のそれぞれの基板に前記中空部を介して開口された流体開口部をエッチングにより形成することを特徴とする静電駆動型マイクロバルブの製作方法。

【請求項4】 静電駆動型アクチュエータを用いる静電駆動型マイクロバルブにおいて、静電駆動型アクチュエータが請求項1または2のうち、いずれか1項に記載の方法で製作された静電駆動型アクチュエータであることを特徴とする静電駆動型マイクロバルブ。

【請求項5】 静電駆動型マイクロバルブを用いる静電駆動型ポンプにおいて、静電駆動型マイクロバルブが少なくとも2つ組み合わされた請求項4に記載の静電駆動型マイクロバルブであることを特徴とする静電駆動型ポンプ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、基板表面上に薄膜を形成する半導体薄膜製造装置において用いられる静電駆動型マイクロアクチュエータとマイクロバルブの製作方法、及び静電駆動型マイクロアクチュエータを用いた静電駆動型マイクロバルブとポンプに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 微小な流量を制御する目的で、弁体に相当する一端が固定された薄板と、その薄板面の下流に配置された流体用開口部を有する電極とからなる構造を持ち、静電力によって薄板を変位させることにより、流体用開口部を薄板で開閉する方式のマイクロバルブが、ブ

2

ロシーディング・オブ・ジ・アイ・イー・イー・イー・マイクロ・エレクトロメカニカル・システム (Proceedings of the IEEE MicroElectro Mechanical System) 第95-98頁、1990年に記載されている。

【0003】 この従来知られているマイクロバルブは、シリコン基板上に配置され平板状の電極を含み流体が貫流する開口部を有する誘電体と、流体が貫流する開口部を開閉する平板状電極を含む誘電体の弁体で構成され、前記電極間相互に生じる静電引力で薄板をなす前記弁体をシリコン基板上に設けられた電極面に吸着させ、該電極側の構造体の一部に開けられている前記開口部を閉じる構造になっている。

【0004】 上記のマイクロバルブでは、流体が貫流する開口部の開閉には、比較的長い時間を要する。これは、弁体である薄板のバネの復帰力の速さでバルブの応答性が制限されてしまうためである。更に、前記弁体が流体用開口部を閉じる際の静電引力は、薄板のバネの復帰力より十分大きいことが必要である。しかし、静電引力は電極間の距離の2乗に反比例するため、バネの復帰力に打ち勝つのに十分な静電力を得るには、前記の従来構造では、前記弁体薄板とシリコン基板上に設けられた電極との間隙を例えば数十μm以内にする必要がある。

【0005】 従って、前記構造のマイクロバルブでは、前記開口部が開いているときに流すことのできる流体の流量は、前記間隙により制限されるため、少なくなる。希薄なガスを扱う半導体薄膜製造装置に上記マイクロバルブを用いた場合、2sec以上での流量を得ることができないという問題がある。

【0006】 ガスバルブをマイクロ化する手段として、30 槩性層を利用して静電駆動型バルブの弁体を金属膜であるS字形状のフィルムとして製作する方法が、本発明者らの先願である特願平4-136622号に記載されている。該特願平4-136622号に記載された静電力で駆動するフィルム型アクチュエータを利用した静電駆動型ガスバルブは、弁体の役をなすフィルムを、該フィルムの駆動源である電極が近接している部分から順次静電力により引きつけて移動させるため、弁体の開閉ストロークに制限がなく、コンダクタンスを任意に設定することができる。また、バルブの開閉は、静電力のみで行い、フィルム自体のバネ力による復帰力は関与していないので、弁の高速な開閉が可能となる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上記特願平4-136622号に記載された技術は、可動部であるS字形状フィルムを製作するために、基板面に溝状の加工を行い、その溝の内部に犠牲層を形成した後、その表面にフィルム材料を成膜し、その後犠牲層を除去してフィルムを可動状態に解放している。また、フィルムのプロファイルは基板の溝の内部の犠牲層の断面プロファイルを転写している。この方法では犠牲層の断面プロファイルの制御

が難しく、一部に鋭いエッジ状のプロファイルが残ると、成膜したS字形状フィルムがこの部分で切れてしまうという問題があった。

【0008】本発明の目的は、屈曲部が切断されにくい金属膜を形成することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題は、第1の手段として、中空部が形成され一方の面に前記中空部内で屈曲可能な屈曲部を有す金属膜が設けられた第2の基板と、それぞれ絶縁層で挟まれて電極をなす第1、第3の基板とを製作し、次いで、前記第2の基板を挟んで前記金属膜が設けられた面に前記第1基板を、前記面の裏面に第3の基板を積層する手順を含んでなる静電駆動型マイクロアクチュエータの製作方法において、前記第2の基板に前記金属膜を成膜する際に、前記第2の基板の一方の面に溝部をエッチングにより形成し、該溝部を含む前記面上に前記金属膜を成膜した後、前記中空部を前記溝部が設けられている面の裏面の方向からエッチングにより形成することで達成される。

【0010】さらに、第2の手段として、中空部が形成され一方の面に前記中空部内で屈曲可能な屈曲部を有す金属膜が設けられた第2の基板と、それぞれ絶縁層で挟まれて電極をなす第1、第3の基板とを製作し、次いで、前記第2の基板を挟んで前記金属膜が設けられた面に前記第1基板を、前記面の裏面に第3の基板を積層する手順を含んでなる静電駆動型マイクロバルブの製作方法において、前記第1及び第3のそれぞれの基板に前記中空部を介して開口された流体開口部をエッチングにより形成することで達成される。

【0011】

【作用】第2の基板であるシリコン基板面に異方性エッチングで数十μmから数百μmの深さの溝部を形成する。次に、溝部が形成された前記シリコン基板上に弁体の役をなす金属膜を形成する。金属膜を形成した後、水酸化カリウム水溶液で金属膜下の前記シリコン基板を部分的に溶解すると、金属膜はその両端部のみがシリコン基板の平坦部に保持される構造となり、シリコン基板の中空部に屈曲形状をなす金属膜が形成される。シリコン基板上に形成された溝部に直に屈曲形状をなす金属膜の屈曲部を形成することで、従来の犠牲層の断面プロファイルを転写するときに発生する鋭いエッジ状のプロファイルがなくなり、裏面からシリコン基板をエッチングした後でも、屈曲形状をなす金属膜の屈曲部が溝部上部で切断されにくくなる。

【0012】また、上記マイクロバルブの製作方法は、半導体微細加工技術を用いて製作することから、シリコン基板上に複数のバルブを集積化することが可能となり多機能でしかも安価なバルブを得ることができる。

【0013】

【実施例】本発明の実施例を図1から図9を用いて説明

する。図1は静電駆動型マイクロアクチュエータ（以下、アクチュエータという）の断面図、図2はアクチュエータを用いた静電駆動型マイクロバルブ（以下、バルブという）の断面図である。

【0014】図1に示すアクチュエータは、一方の面に金属膜である弁体をなすフィルム7が形成され前記面の裏面に絶縁層4が形成された第2の基板2Aが中間層として配置され、前記基板2Aのフィルム7が形成された面に対向して絶縁層4Aを介して配置された第1の基板1Aと、前記基板2Aの絶縁層4が形成された面に対向して絶縁層4Bを介して配置された第3の基板3Aとが積層されて3階層をなしている。前記基板2Aには流体を通過させる中空部をなすキャビティ13が形成され、前記弁体をなすフィルム7は、前記基板1Aの前記キャビティ13側に突起している凸部により前記基板2Aに對向している基板3Aの面に接するまで1部屈曲された屈曲部（以下、S字部という）をもつ形状（以下、S字形状という）をし、その両端部のみが前記基板2Aの平坦部に保持される構造となり、両端部以外の端部は固定されていない。

【0015】前記基板1A、及び3Aは、前記絶縁層4A、及び4Bで囲まれ前記S字形状フィルム7の前記S字部を駆動させる電極5A、5Bがそれぞれ形成されている。また、前記基板1Aには、前記電極5Aと図示しない外部からのリード線を接続する電気的コンタクトエリア9Bが前記絶縁層4Aの1部を除去して配置されており、さらに、前記電極5Aを貫通して前記フィルム7と図示しない外部からのリード線を接続する電気的コンタクトエリア9Aに至る孔が配置されている。また、前記基板3Aには、前記電極5Bと図示しない外部からのリード線を接続する電気的コンタクトエリア9Cが前記絶縁層4Bの1部を除去して配置されている。フィルム7のS字部の傾斜面は、前記電極5A、及び5Bに印加する電圧を制御することで、前記キャビティ13内を左右に移動される。

【0016】図2は、前記アクチュエータを利用したバルブの断面を示している。該バルブは、前記アクチュエータの一部に流体が出入する流体用開口部であるポートを加えた構成である。ポート11Aは、前記基板1Aを貫通して前記基板2Aのキャビティ13に開口され、ポート11Bは、前記基板3Aを貫通して前記基板2Aのキャビティ13に前記ポート11Aと対向して開口されている。前記基板2Aのキャビティ13内の流体をフィルム7のS字形状部分の位置に応じてポート11Aもしくはポート11Bのどちらか一方から排出する構造になっている。キャビティ13内への流体の導入は前記基板1Aもしくは基板3Aに形成した図示していない入口ポートから行う。

【0017】図3は静電駆動型マイクロアクチュエータの第1の製作手順を示すプロセス図である。以下にマイ

クロアクチュエータの製作方法の詳細を述べる。

【0018】(1) 図3の(a)～(b)に示すプロセスの前記基板2Aの溝部形成。第2の基板である厚さ20μmのシリコンウエハ14Aの上面にシリコンのエッチング用マスクパターン20Aを形成する。該マスクには熱酸化で形成したシリコン酸化膜を用いた。シリコンウエハ14Aに異方性エッチングで幅500μm、長さ2～3mm、深さ約100～150μmの溝部28を形成する。なお、異方性エッチングに用いたエッチャントは40%水酸化カリウムであり、溶液の温度は68℃である。基板面の結晶の面方位が(100)のシリコンウエハを用いた場合、溝部28側壁の面方位は(111)となる。

【0019】(2) 図3の(c)に示すプロセスによるエッチャント用マスクパターンの形成。シリコンウエハ14Aの裏面にシリコンのエッチャント用マスクパターン20Bを形成する。マスクには熱酸化で形成したシリコン酸化膜を用いた。

【0020】(3) 図3の(d)に示すプロセスによる金属フィルムのパターニング。溝部28を有するシリコンウエハ14A面にリフトオフを用いて金属フィルム8をパターニングする。リフトオフによる金属フィルムのパターニング手順を以下に示す。

【0021】(a) シリコンウエハ14A上にホトレジストをスピンドル塗布する。この時、溝の内外にホトレジストが十分な厚さを持つように、ホトレジストの粘度とスピンドルの回転数を選ぶ必要がある。例えば、ホトレジストの粘度は35cp、スピンドルの回転数は1500rpminである。

【0022】(b) ホトレジストの露光と現像を行い、ホトレジストをパターニングする。この作業により所望の金属フィルムパターンと反転関係にあるレジストのパターンが形成される。

【0023】(c) 金属フィルム8をシリコンウエハ14A上に形成する。

【0024】金属フィルムの形成方法及びそれに伴うパターニング方法は以下のように分けられる。

1. スパッタ：膜厚2～3μm以下の比較的薄い膜を形成する場合のみに用いる。スパッタの場合、薄膜形成時のガス圧、加速電圧等のパラメータを操作することで金属薄膜の内部応力を圧縮、引張りの何れにも使用することができる。なお、膜の内部応力を10Gdyn/cm<sup>2</sup>（ガス圧0.13Pa、スパッタレイト10Å/s）以下にすることも可能である。スパッタで金属膜を形成した後、金属膜のレジストを除去することでシリコンウエハ上に金属膜のパターンが形成される。

【0025】2. めっき：数μm以下の薄膜から数百μm以上の厚膜まで形成することができる。膜の成長速度がスパッタに比べて早く生産性の高い薄膜形成方法である。また、膜の内部応力もスパッタに比べると小さい。

めっきの場合、レジストパターン下に金属膜の下地が形成されればその下地上にめっき膜が成長していく。すなわち、レジストパターンどおりにめっき膜が形成される。スパッタとめっきを併用した方法もある。先ず、スパッタ方法でシリコンウエハ上に金属膜をパターニングする。次に、電解めっきもしくは無電解めっきで金属膜パターン上にのみ金属膜を形成する。

【0026】上記ではリフトオフ法に基づいた金属薄膜のパターニング方法を示した。この他にも先ず金属薄膜をシリコンウエハ上に形成した後、ホトリソグラフィーで金属膜をパターニングする方法や、イオンビームで金属膜をパターニングする方法などもある。何れの方法を用いるかは薄膜の耐エッチング性、膜厚などから決定されることが望ましい。本実施例では金属薄膜として、シリコンのエッチャントである水酸化カリウム水溶液に十分耐えることが可能なニッケル、もしくはパーマロイ（鉄ニッケル合金）を用いた。

【0027】(4) 図3の(c)に示すプロセスによるS字形状フィルムの作成。シリコンウエハ14Aを(2)で形成したウエハ裏面のマスクパターン20Bとともに水酸化カリウム水溶液中でエッチャントすると、金属フィルムは両端部のみがシリコンウエハに保持される。金属フィルムは一部に折り返しを有するS字形状をなしている。

【0028】(5) 図3の(f)～(l)に示すプロセスによるアクチュエータの組立て。(4)で製作したシリコンウエハ14Aと、電極5Aと絶縁層4Aと凸部26を有する第1の基板1Aであるシリコンウエハ14Bと、電極5Bと絶縁層4Bを有する第3の基板3Aであるシリコンウエハ14Cの3枚を接合することにより静電駆動型マイクロアクチュエータができる。

【0029】接合には、100～300℃の高温下でも接着性を有する感光性ポリイミド樹脂、もしくは、300～400℃の温度で接合することが可能である鉛ガラスを用いる。また、金属の共晶を用いて接合することも可能である。

【0030】図4はアクチュエータの第2の製作方法のフローを示す図であり、アクチュエータの金属フィルムの面方向のストロークを任意に設定できるアクチュエータの製作方法のプロセスを示している。図3に示したアクチュエータの第1の製作方法では、前記ストロークは第2の基板2Aであるシリコンウエハ14Aの厚さに相当することから、使用するシリコンウエハの厚さによりアクチュエータのストロークは一義的に決定してしまうという不便さがある。図4に示すアクチュエータの製作方法は、図3に示した製作方法に数回のパターニング、エッチング等のプロセスを加えて、アクチュエータのストロークを任意に設定できるようにしたものである。以下に製作方法の詳細を述べる。

50 【0031】(1A) 図4の(a)、(b)に示すプロ

セスによるシリコンウエハの溝部形成。第2の基板2Aである厚さ200μmのシリコンウエハ15Aの両面にシリコンエッチング用のマスクパターン21A、21Bを形成する。マスクパターン21Bは部分的に厚さが異なるようになっている。両面のマスクパターンをもとにシリコンウエハを水酸化カリウム水溶液中でエッチングすると、先ず、マスクで保護されていない上面側に溝28が形成されていく。溝部28をある程度エッチングした後、下側のマスクパターン21Bの薄い部分のみをエッチングして除去する。再び、両面の薄い部分のマスクをもとに水酸化カリウム水溶液中でシリコンをエッチングすると、深さの異なる溝28、29が形成される。以上のように、部分的に厚さの異なるマスクパターンを用いることにより深さの異なる溝部を形成することができる。なお、溝部28と溝部29の深さの比は、マスクパターン21Bの厚い部分と薄い部分の厚さを調整することで変えることができる。

【0032】(2A) 図4の(c)～(c)に示すプロセスによるS字形状フィルムの作成。上面側のマスクパターン21Aのみエッチングで除去する。図4の(c)に示す下面側のマスクパターン21Bは金属フィルムをバーニングした後のシリコンエッチングのマスクパターンとして用いる。次に、図3の時と同様のプロセスで金属フィルムのバーニングを行う。表面の金属フィルムパターン8と裏面のマスクパターン21Bをもとに40%水酸化カリウム水溶液中でシリコンウエハをエッチングして、両端部のみがシリコンウエハに保持された金属フィルム8を形成する。なお、フィルムの一部にはS字部が形成されている。

【0033】(3A) 図4の(f)～(j)に示すプロセスによる凸部ウエハの作成。エッチング用マスクパターン21C及び21Dをもとに、第1の基板1Aであるシリコンウエハ15Bと第3の基板3Aであるシリコンウエハ15Cを、それぞれ水酸化カリウム水溶液中でエッチングして、それぞれ前記シリコンウエハ15A側に向いた凸部26と27を形成する。二つの凸部26、27の高さを合わせた大きさが基板2Aであるシリコンウエハ15Aの厚さと等しくなるようにシリコンウエハ15Bと15Cをエッチングする。

【0034】凸部を有しているシリコンウエハ15B及び15Cの表面にそれぞれ絶縁層4A、4Bと電気的コンタクトエリア9B、9Cを形成する。前記絶縁層4A、4Bにはシリコン酸化膜もしくはシリコン窒化膜を用いた。電極5A、5Bにはパルクのシリコンウエハ15B、15Cをそれぞれ利用した。

【0035】(4A) 図4の(k)～(l)に示すプロセスによるアクチュエータの組立て。シリコンウエハ15Aと、電極5Aと絶縁層4Aと凸部26を有するシリコンウエハ15Bと、電極5Bと絶縁層4Bと凸部27を有するシリコンウエハ15Cとの3枚の基板を図3の

時と同様に接合することにより金属フィルムのストロークを任意に設定できる静電駆動型マイクロアクチュエータができる。

【0036】上記製作方法の場合、アクチュエータのストロークは凸部26の高さに相当する。凸部27の高さは溝部29の深さとほぼ等しくなるようになる。また、組み立てるときフィルムをS字形状にする凸部26の高さはシリコンウエハ15Aの厚さから凸部27の高さを引いた値にする。例えば、シリコンウエハ15Aの厚さを200μm、溝部29の深さを100μm、凸部26、27の高さをそれぞれ100μm、100μmにすればフィルムの面方向のストロークは100μmになる。

【0037】以上のことから、溝部28の深さ、溝部29の深さ、凸部26の高さ、および凸部27の高さ、を変えることにより任意のストロークを有するアクチュエータを製作することができる。

【0038】図5はアクチュエータの第1の基板である上部電極の第1の製作方法のフローを示す図であり、凸部26が形成された第1の基板のシリコンウエハ16Aの製作手順を示すプロセス図である。図3及び図4の実施例ではアクチュエータの全体的なプロセス、特に金属フィルムの作成を主に述べ、シリコンウエハへの凸部の形成の詳細については触れなかった。ここでは図5を用いて凸部シリコンウエハ製作方法の詳細を述べる。

【0039】(1B) 図5の(a)に示すプロセスによるエッチング用マスクパターンの形成。第1の基板1Aである厚さ400μmのシリコンウエハ16Aの両面に熱酸化(温度1100℃)でエッチング用マスクパターンであるシリコン酸化膜22A、22Bおよび22Cをそれぞれ形成する。シリコン酸化膜22Aを図5の(a)に示すようにホトリソグラフィーでバーニングする。ウエハ表面のシリコン酸化膜22Aには基板2Aの電気的コンタクトエリア9Aに至る孔30を形成するためのパターンが形成されている。ウエハ裏面のシリコン酸化膜には、厚い部分22Bと薄い部分22Cのように部分的に厚さを異ならしてバーニングされている。

【0040】(2B) 図5の(b)～(c)に示すプロセスによる電気的コンタクトエリアに至る孔及び凸部の形成。上記両面のマスクパターンであるシリコン酸化膜22Aとシリコン酸化膜22Bとシリコン酸化膜22Cそれぞれをもとにシリコンウエハ16Aを40%水酸化カリウム水溶液中(温度68℃)で異方性エッチングすると、先ず、電気的コンタクトエリアに至る孔30部分のみがエッチングされる。次に、下側のマスクパターン22Cをエッチングして膜厚が薄い部分のみを除去する。再度、シリコンウエハ16Aを水酸化カリウム水溶液中でエッチングして電気的コンタクトエリアに至る孔と凸部26を形成する。その後、エッチング用マスクパターンであるシリコン酸化膜22A、及びシリコン酸化

膜22Bを除去する。

【0041】(3B)図5の(d)に示すプロセスによる絶縁層と電気コンタクトエリアの作成。シリコンウエハ16Aの表面に熱酸化でシリコン酸化膜4Aを形成する。シリコン酸化膜4Aが凸部26と図示しないS字形状フィルムとを電気的に絶縁する。S字形状フィルムを駆動する電極5Aにはシリコンウエハ16Aを利用する。なお、絶縁層4Aの一部には前記電極と図示しない外部アクチュエータ駆動用電気回路を電気的に接続するための電気コンタクトエリア9Bが形成されている。

【0042】図6はアクチュエータの第1の基板である上部電極の第2の製作方法のフローを示す図であり、凸部が形成された第1の基板であるシリコンウエハ17Aの他の製作手順を示すプロセス図である。実際には、図1～5に示したアクチュエータは、シリコンウエハにバッチ処理で製作するため、3枚のシリコンウエハを接合した後、ダイシングソーで個々のアクチュエータに分割されている。

【0043】図5に示した実施例では凸部を有するシリコンウエハ16Aの下側端部はシリコンウエハが剥き出しになってしまい、S字形状フィルムパターン7と上部電極5Aとがアクチュエータの端部において近接している。このため、S字形状フィルムを高速駆動させるために高電圧を電極5Aに印加すると、端部での電界強度が大きくなり絶縁破壊が生じやすくなる。上記問題を解決するために、図6の実施例では凸部を有するシリコンウエハ17Aのフィルム7側の面の両端部にテーパ構造を設けている。テーパを設けることで分割したアクチュエータ端部での絶縁耐圧を高くすることが可能となり高電圧印加によるフィルムの高速移動が可能になる。

【0044】なお、シリコンウエハ内に形成したアクチュエータを分割すること無く、すべてのアクチュエータをシリコンウエハ内で同位相で同時に動作させるときはテーパ構造は必要ではない。

【0045】図2に示した静電駆動型マイクロバルブは、図1、及び図3～図6に示したマイクロアクチュエータの上下電極に流体が入出するポートを付加したものである。従って、マイクロアクチュエータの製作方法と異なる点は上下電極の製作方法である。

【0046】図7及び図8はそれぞれ図2に示した静電駆動型マイクロバルブの第1の基板1Bである上部電極5Aと第3の基板3Bである下部電極5Bの製作方法を示すプロセス図である。図7の凸部シリコンウエハ18Aの製作方法は基本的には図5及び図6に示したシリコンウエハの製作方法と同一である。異なる点は、流体が出入する流体開口部であるポート11Aを電気的コンタクトホール9Aに至る孔と一緒に形成することである。図8のシリコンウエハ19Aは異方性エッティングで流体が出入する流体開口部であるポート11Bを加えたのもである。

【0047】図9は静電駆動型マイクロバルブの他の実施例を示している。図1から図8に示した実施例では上下の電極にシリコンウエハを利用している。従って、シリコンウエハ上にマイクロアクチュエータもしくはマイクロバルブをバッチ処理で製作した場合、シリコンウエハ上の各アクチュエータを電気的に独立駆動することができない。図9は電気的に独立駆動することが可能な静電駆動型マイクロバルブを製作するための3枚のシリコン基板(a)、(b)、及び(c)を示している。なお、図9のシリコン基板はシリコンウエハ内のバルブの1部分を示している。

【0048】図9の(a)、(b)、及び(c)はそれぞれ順に、第1の基板である上部電極用ウエハ、第2の基板であるS字形状フィルムウエハ、第3の基板である下部電極用ウエハの平面図を示している。各3枚のウエハを(a)、(b)、(c)の順で接合することにより、図1から図8に示したような構成のマイクロバルブを製作することができる。なお、図9(a)と図9(c)はそれぞれ図9(a)と図9(c)に示した基板の裏面を示している。

【0049】図9(a)の上部電極用ウエハは、流体開口部12Aと、電極取り出し用スルーホール10A、10B、及び10Cと、上部電極パターン6Aと、凸部26と、電極パターン上に形成した図示していない絶縁層からなる。電極取り出し用スルーホール10A、10B、10Cはそれぞれ、S字形状フィルムと外部駆動回路、下部電極パターンと外部駆動回路、上部電極パターンと外部回路とを接続するためのものである。図9(b)のS字形状フィルムウエハは、両端部のみがシリコンウエハに保持されたフィルム8からなる。図9(c)の下部電極用ウエハは、流体貫流用の開口部12B、12Cと下部電極パターン6Bと、電極パターン上に形成した図示していない絶縁層とからなる。

【0050】図9には流体貫流用の開口部12Cから導入した流体を開口部12Aもしくは12Bのどちらか一方から排出する切り替え弁を示している。上部電極用ウエハ及び下部電極用ウエハに形成する流体開口部の形状及び数を変えることにより、オンオフバルブや、流量を離散的に変えるバルブなどを実現出来る。シリコンウエハ上に形成した各バルブにはそれぞれ駆動用電極パターンが形成されているので、複数のバルブを独立に駆動させることができる。

【0051】図7から図9を用いて静電駆動型バルブを示した。上記静電駆動型アクチュエータと静電駆動型バルブを組み合わせることによりポンプを製作することができる。例えば、二つの静電駆動型バルブと一つの静電駆動型アクチュエータをシリコン基板に形成したチャネルで接続することにより静電駆動型のポンプになる。アクチュエータは二つのバルブの中央部に形成され流体をポンピングする。二つのバルブは流体を一方向に流すた

めの逆止弁の役をなしている。

【0052】

【発明の効果】本発明によれば、弁体をなすフィルムの屈曲部が切断されにくくなり、また、シリコン基板上に複数のバルブを集成化することが可能であり、高機能で、安価なバルブを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の静電駆動型マイクロアクチュエータの断面図である。

【図2】本発明の実施例の静電駆動型マイクロバルブの断面図である。

【図3】本発明の実施例の静電駆動型アクチュエータの第1の製作方法のフローを示す断面図である。

【図4】本発明の実施例の静電駆動型アクチュエータの第2の製作方法のフローを示す断面図である。

【図5】本発明の実施例の静電駆動型アクチュエータの上部電極の第1の製作方法のフローを示す断面図である。

【図6】本発明の実施例の静電駆動型アクチュエータの上部電極の第2の製作方法のフローを示す断面図である。

【図7】本発明の実施例の静電駆動型マイクロバルブの上部電極の製作方法のフローを示す断面図である。

【図8】本発明の実施例の静電駆動型マイクロバルブの下部電極製作方法のフローを示す断面図である。

【図9】本発明の実施例の静電駆動型マイクロバルブの他の例の各プレートを示す平面図である。

【符号の説明】

1A, 1B 第1の基板

2A, 2B 第2の基板

3A, 3B 第3の基板

4, 4A, 4B 絶縁層

5, 5A, 5B 電極

6A, 6B 電極

7 フィルム

8 フィルム

9A, 9B, 9C 電気的コンタクトエリア

10A, 10B, 10C 電気的コンタクトエリア

11A, 11B 流体開口部

12A, 12B, 12C 流体開口部

13 バルブキャビティ

14A, 14B, 14C シリコンウエハ

15A, 15B, 15C シリコンウエハ

16A シリコンウエハ

17A シリコンウエハ

18A シリコンウエハ

19A シリコンウエハ

20A, 20B エッチング用マスクパターン

21, 21A, 21B, 21C, 21D エッチング用マスクパターン

22A, 22B, 22C エッチング用マスクパターン

23A, 23B エッチング用マスクパターン

24A, 24B エッチング用マスクパターン

25A, 25B エッチング用マスクパターン

26 凸部

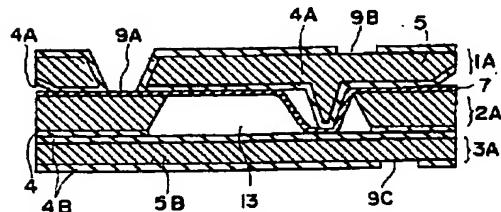
27 凸部

28 溝部

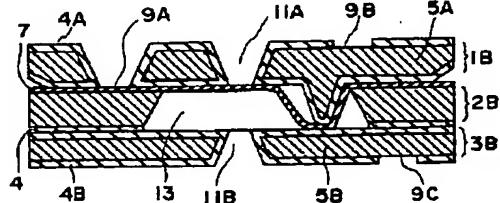
29 溝部

30 電気的コンタクトエリアに至る孔

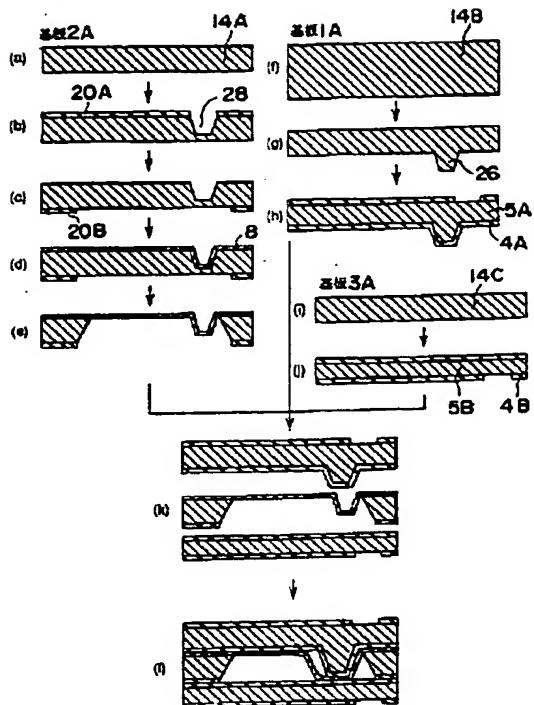
【図1】



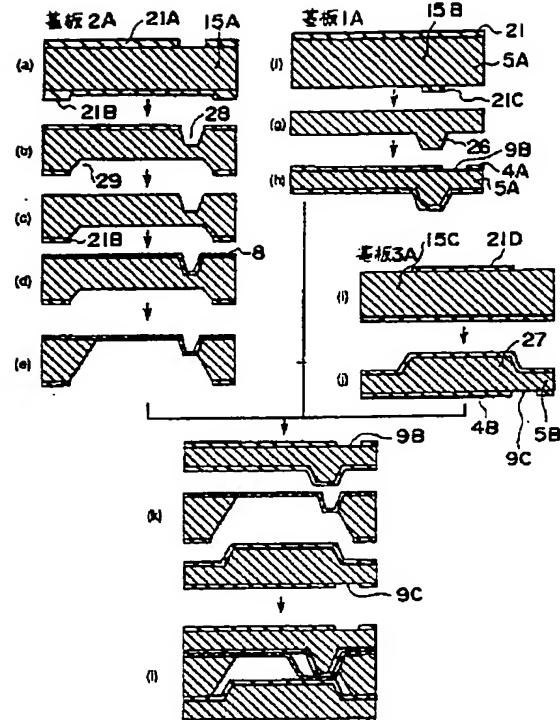
【図2】



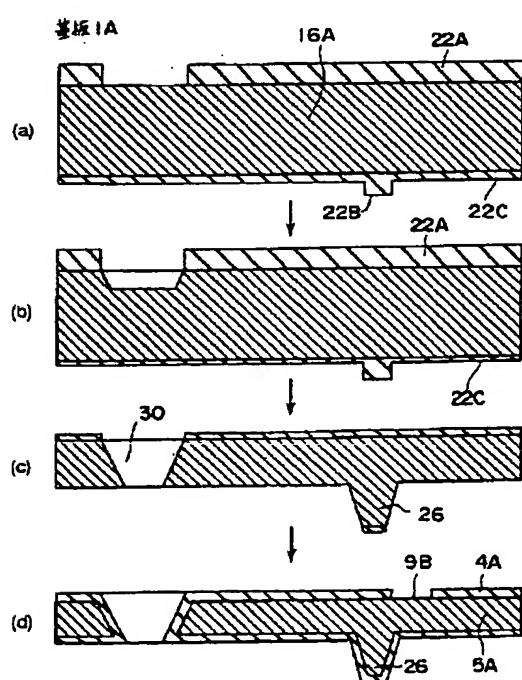
【図3】



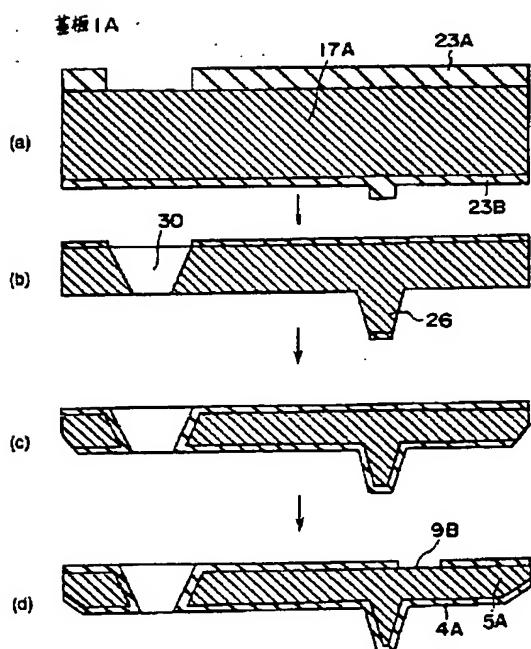
【図4】



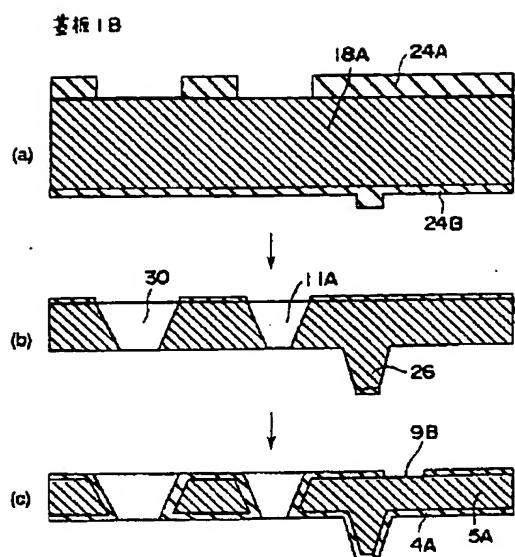
【図5】



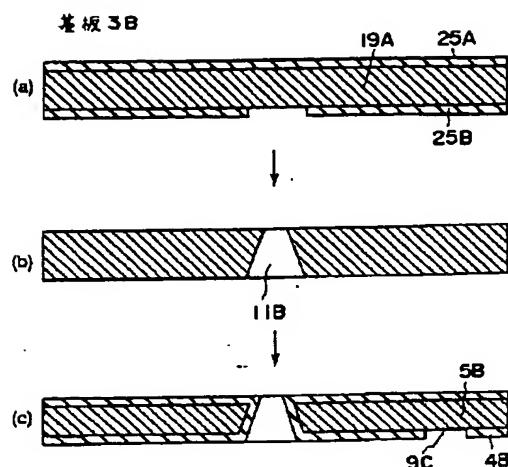
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

